禾穀類及根莖類作物生理試驗

植體分析之取樣差異

◎農試所農場室　陳烈夫
農試所農藝系　魏夢麗

作物的產量主要是由光合產物之運轉、累積所決定。一般維持作物生殖生長長期的高度光合能力可以獲致高產量。但實際上並不如此簡單，因爲其中不僅涉及到作物本身光合能力的機構，同時亦涉及到光合產物供、需關係及彼此之間運轉，以及受其他許多尚未明瞭的因子所影響。因此，探討供源(source)與積儲(sink)關係爲作物生理試驗中相當重要的課題之一。有關供源積儲和產量關係的研究很多，而以生育期較短的禾穀作物獲結果最爲豐碩。至於生育期較長之根莖作物，在供源與積儲關係方面的探討就顯得乏人問津了。就禾穀作物生產的觀點而言，高生產力的作物品種即具有較高的乾物質生產量及乾物質可有效分配到經濟上可收穫生殖器官的特性。但對根莖作物而言，其營養器官的地下莖或根之一部分積聚多量之澱粉及其他多醣類物質，形成塊根或塊莖，而成爲主要收穫部位。由於根莖作物在其全生育期中地上部莖葉及地下部塊根、塊莖兩者之間的生長，保持有相互對立之關係存在，因此對於其供源與積儲關係的探討上，是否也能以禾穀類作物生理試驗所既有的理論基礎，來進行植體分析，是值得吾人思考的問題。

禾穀類作物經由外在器官的生長形態可以被明確劃分成各種生育期及收穫期。以水稻及玉米爲例，水稻的一生從種子萌芽到新的種子形成，可以分爲四個時期，即爲秧苗期、營養生長期、幼穗形成期和穀粒充實期。水稻在秧苗期和營養生長期主要

是累積光合產物，爲生殖生長準備必要的物質基礎。水稻的幼穗形成期和穀粒充實期，爲幼穗、穎花、穀粒等生殖器官生長發育的時期，稱爲生殖生長期。這個時期除繼續吸收養分成長植物體外，主要是將光合產物轉化、運輸到穀粒。水稻在完成了一定的營養生長以後，即開始轉入幼穗形成的生殖生長期。其實這兩個時期之界限往往不很明顯。由於水稻多在分櫱增加開始停止時，即爲最高分櫱期時幼穗開始分化，因此一般認爲最高分櫱期是營養生長終期，幼穗開始分化是生殖生長的始期。從水稻的外表上來看，營養生長期和生殖生長期頗不相同。營養生長期主要向橫的方向擴展，地上部不斷生長新葉和分櫱，根部主要在近地表的平面上伸長，葉色濃綠。到生殖生長期則轉向縱的方向生長，根部向下深扎，莖稈向上伸長，葉色也逐漸由濃綠轉爲淡綠，同時莖生長點由半圓形縱伸成圓錐形。因此由水稻的一生形態形成的過程，我們可以清楚且分別探討各時期的生理現象，分析水稻在各生長期不同器官內的非構造性碳水化合物、氮素含量及乾物累積量，利用此資料再予計算後，可知抽穗前預儲於營養器官內物質對穗部的貢獻，並進行水稻光合成物質的供需關係及產量研究。在玉米方面，玉米的發育過程可分爲營養期(vegetative stage, V)及生殖期(reproductive stage, R)階段。營養期又可分爲若干階段，V1、V2至Vn等，這是以長出第一葉、第二葉到抽穗前第n片葉來區分，以該葉片葉舌完全清楚可見爲標準。VE及VT各爲出土期及雄花穗抽出期。生殖期也可分爲六個階段(R1～R6)。玉米植株同樣也可以由吐絲期前的乾物質及氮素含量多寡，來決定營養生長的表現，因此可以分別於吐絲前後進行取樣試驗，以瞭解玉米子粒充實期間的生長、代謝及產量表現。

根莖類作物的供源與積儲間之關係則遠較禾穀作物來得複雜，以旋花科之甘藷及天南星科之芋爲例。甘藷以植苗法行營養繁殖，甘藷苗期主莖最先伸出，在主莖之葉脈處行成腋芽，由腋芽之伸長形成分枝，莖節內部的根原基發育成不定根，不定根可分化爲不同形態特徵之鬚根、鉛筆根及塊根三種，塊根爲莖葉所產生大量光合產物之積儲部位，因此地上部莖葉生長發育適當與否，對甘藷塊根收量影響很大。通常當地上部植株莖葉變黃，下位葉達脫落狀態時爲適當收穫期。本省氣候溫暖，甘藷莖葉常年保持綠色，外觀上無明顯的收穫指標，很難作明確的判定。就科學的觀點來說，以塊根澱粉含量及乾物重最高時即爲甘藷成熟期。就一般情況而言，甘藷種植後5~6個月即可收穫，此時若不採收，則塊根收量不增澱粉含量漸減，而繼續抽出新芽、生出小薯，進入另一個生育期。另一根莖作物之芋的地下部球莖爲主要的食用器官，供繁殖用的球莖稱爲種芋，種芋栽植後，發根生葉形成新的植株，植株基部形成短縮莖或謂變態莖，隨著植株生長逐漸膨大而形成球莖，成

爲母芋或稱芋頭。母芋每環節上均有一個腋芽，可以形成小的球莖稱爲子芋。臺灣目前栽培最多的芋品種爲檳榔心芋，以中南部地區栽培最多，多在秋末冬初種植，當芋植株自移植後8~10個月時，球莖乾物生長可達高峰期，此時若不採收，仍任其留置在田間，則原本爲積儲組織的母芋重量不增反減而轉變爲供源組織，新生芋葉接受由球莖所提供之養分繼續生長，將導致芋植株進入另一個生育期。另外，若不切除母芋節位上所分生的子芋，子芋的頂芽也會生新葉並在莖節上發新根。由此可知，探討根莖作物的生長發育及生理代謝，必須考慮其不同的生育期相互重疊時期，以及長時間的生育期所遭受到的外在環境因子之影響。

由於作物在生長型態及生理特性有極大的差異，因此對於生理試驗的植體分析，在取樣時所必須考量的問題就更多了。茲以下幾個重點來加以說明：

㈠由於禾穀類作物生理試驗的植體分析之取樣時間可以根據生育階段作明確劃分，故無論是依播種後或移植後的天數，還是根據營養生長及生殖生長期不同階段進行取樣分析測定，都能分別探討作物在各個生長階段下的生理代謝、栽培施肥管理或供源與積儲能力平衡之關係。然而根莖作物在發育過程中，若要根據植株外在形態或生育日數來判斷塊莖、根發育或進行取樣，是相當困難的事。但是，若能利用在禾穀類作物上開發頗爲成功的有效積溫法或乾物質生產分配係數比率，來進行根莖作物生活史中各生長期的劃分，應該是一個值得嘗試的方向。例如利用甘藷在其整個生育期中地上部莖葉及地下塊根的乾物質生產分配係數比率，可大致將甘藷之生活史歸納爲三階段：莖葉增長及塊根伸長時期、莖葉生長旺盛及塊根肥大並行時期、成熟收穫期(即塊根澱粉含量達最高時)。又根據芋植株的各部位乾物質生產及分配係數比率，大致可將芋之生活史分爲四階段：生長初期、地上部生長旺盛期、球莖快速膨大期、球莖成熟收穫期(即球莖重量達最大時)。

㈡在進行禾穀類作物之生理試驗時，通常都會針對每一個生育期的葉片、葉柄、莖部、根系做完整的調查取樣分析。如此才能有效地探究出作物整個植株的供源積儲關係。但是根莖作物中的芋植株地下部主要爲肥大的球莖，著生在母芋下部環節上的鬚根群，主要分佈在球莖周圍30公分土壤中，長者可達1公尺，故很容易在植體取樣時遭受破壞而導致不完整，因此在其他非生理試驗中大多會被省略不計，此對生理試驗植體分析是否會造成結果偏差，以及如何評估其影響程度，值得留意。

㈢葉面積指數(leaf area index, LAI)在作物生長分析上爲評估乾物質生產及分配效率的一個重要介量。增加水稻抽穗

後之LAI、延緩葉片老化或者延長至收穫之時間，都能增加穀產量。正常發育之葉片不易脫落，除非葉片受到傷害或老化。而葉片脫落常伴隨著旺盛之代謝作用，而非一般所認為之代謝作用減緩。因此進行生理試驗之植體分析時，應該要將正常葉片及枯萎葉片分開調查。禾穀作物在營養生長期內之葉數大致固定，因此在執行取樣上並無問題。但是由於根莖作物之植株大都為無限生長型，老葉及新生葉更迭不斷，因此增加了試驗執行上的困難度。

㈣在進行禾穀作物試驗的植體分析時，由於植株分蘗可能會造成供源再分配的問題，因此可以利用行株距控制等之栽培管理方式，來減少及避免分蘗產生。但是根莖作物中的芋作物，以行株距控制分生子芋的效果並不可行，因此在進行植體分析時應該同時將母芋及子芋分開調查，才能確實掌握住芋作物光合物質運轉及累積的方式。

㈤由於根莖作物的生長習性，若要進一步探討分蘗處理對於供源積儲關係的影響，則還得考慮其他影響因子，例如作物的生長季節及取樣時期等。譬如本省環境全年均可栽植檳榔心芋，但不同種植月份下之外在環境氣候，會影響其乾物質累積過程及分配效率，使得各生長階段於不同種植期所能持續的時間有極大的差異。本省中部地區若於11月或1月間種植水芋，地上部生長旺盛期可達3個月，但於7、9月間種植則觀察不到明顯地上部生長旺盛現象。不同種植期的球莖快速膨大期則都持續3～4個月，但球莖膨大速不一，而以1、3月種植期最快，7、9月種植期最慢。因此，進行根莖作物之供源積儲關係研究時，還必須考慮到不同栽培季節下的生長環境所造成的差異。

綜言之，由於禾穀類作物與根莖作物在生長型態及生理特性上有極大的差異，因此不能單純地以禾穀作物生理試驗的觀點及基礎為出發點，來執行根莖作物生理試驗的植體分析取樣。研究根莖作物之供源積儲關係所必須面臨的問題及考慮的層面，遠較禾穀作物來得多而複雜，如上述所提。在此，我們不可能就各種可能發生的問題提供明確的解決方案，試驗者唯有對所研究的根莖作物之生長習性有充分之瞭解，並針對上述有關植體分析取樣上應特別注意的問題，事先作周詳的規劃設計，才能避免研究上的困擾，而獲致完整客觀且可以信賴的試驗結果。